

# 内蒙古白音诺尔铅锌矿铅同位素研究

江思宏<sup>1</sup>, 聂凤军<sup>1</sup>, 白大明<sup>1</sup>, 牛树银<sup>2</sup>, 王宝德<sup>2</sup>, 刘翼飞<sup>1</sup>, 刘妍<sup>1</sup>

(1. 中国地质科学院矿产资源研究所 国土资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037;

2. 石家庄经济学院 资源学院, 河北 石家庄 050031)

**摘要:** 内蒙古白音诺尔铅锌矿床是大兴安岭地区储量最大的铅锌矿床, 矿体主要沿花岗闪长(斑)岩与大理岩接触带产出。为了查明成矿物质来源, 对矿石中的硫化物和矿区内及外围主要侵入岩开展了铅同位素示踪分析。测试结果表明: 矿石中硫化物的  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 18.266~18.372, 平均值 18.296,  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 15.501~15.579, 平均值 15.536,  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 38.016~38.339, 平均值 38.138。铅同位素年龄校正计算结果表明: 矿石中硫化物的 Pb 同位素比值与大理岩和花岗闪长(斑)岩非常相似, 表明矿石中的铅主要来自花岗闪长(斑)岩和大理岩, 说明成矿物质也主要来自这两类岩石, 进一步证明了白音诺尔铅锌矿床的成矿与花岗闪长(斑)岩和大理岩有关, 属于矽卡岩型矿床, 与喷流沉积型和火山岩块状硫化物矿床有明显的差别。与区域上其他银多金属矿床对比发现, 本区银多金属矿床的 Pb 同位素组成非常相似, 其组成范围多有重叠, 暗示这些矿床的矿石铅来源也非常相似, 可能表明有一个共同的富银的基底或地层为这些银多金属矿床的形成提供了成矿物质来源。

**关键词:** 铅锌矿; Pb 同位素; 成矿物质来源; 矿床成因; 白音诺尔; 内蒙古; 大兴安岭

**中图分类号:** P618.42; P618.43; P597+.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-6561(2011)03-0230-07

## Study on the Lead Isotopic Features of the Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit in Inner Mongolia

JIANG Si-hong<sup>1</sup>, NIE Feng-jun<sup>1</sup>, BAI Da-ming<sup>1</sup>, NIU Shu-yin<sup>2</sup>,

WANG Bao-de<sup>2</sup>, LIU Yi-fei<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Metallogeny and Mineral Assessment of Ministry of Land and Resources, Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. School of Resources, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

**Abstract:** The Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit in Inner Mongolia is the largest one in Da Hinggan Mountains. The ore-bodies in the deposit mainly occur along the contact zone of the granodiorite (or granodiorite porphyry) and marble. In order to determine the source of the ore-forming materials, the sulfides from the ores, and whole rocks from strata and intrusive rocks in Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit were analyzed for the Pb isotopic compositions. The results showed that  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  of the sulfides from the ores ranged from 18.266 to 18.372 with an average of 18.296,  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  ranged from 15.501 to 15.579 with an average of 15.536, and  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  ranged from 38.016 to 38.339 with an average of 38.138. The calibrated Pb isotopes by using the ages of intrusive rocks demonstrated that the Pb isotopic compositions of the sulfides from the ores were similar with those of whole rocks from granodiorite (or granodiorite porphyry) and marble. It was suggested that the ore-forming materials might be dominantly derived from these two types of rocks. This further proved that the ore-forming of Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit was related to the granodiorite (or granodiorite porphyry) and marble. Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit belonged to the skarn deposit, and the lead isotopic features of which were quite different from the ore-forming materials of the SEDEX and VHMS deposits. Comparing with other Ag polymetallic deposits occurring in the central-southern part of Da Hinggan Mountains, the Pb isotopic compositions of these deposits overlapped, and were very similar. It indicated that Pb of these deposits might be derived from a similar source. It was proposed that a common Ag-rich

收稿日期: 2011-04-21

基金项目: 全国危机矿山接替资源找矿专项项目(20089948); 中国地质调查局项目(1212010911029)

作者简介: 江思宏(1968-), 男, 安徽肥西人, 研究员, 理学博士, 从事金属矿床成矿规律研究。E-mail: jiangsihong1@163.com

basement or strata might exist in the region, which could provide the ore-forming materials for these Ag polymetallic deposits.

**Key words:** Pb-Zn deposit; Pb isotope; source of ore-forming material; ore genesis; Baiyinnuoer; Inner Mongolia; Da Hinggan Mountains

## 0 引言

白音诺尔铅锌矿是中国北方地区的一个大型铅锌矿床,发现于1970年,1971—1989年分别由内蒙古自治区区调二队及内蒙古自治区第三地质大队二分队进行普查,于1989年底提交了详细普查报告,探明矿石储量 $3\,272.87 \times 10^4$  t,铅金属量 $66.08 \times 10^4$  t,锌金属量 $177.94 \times 10^4$  t,银金属量 $1\,026.33$  t<sup>[1]</sup>。随后,前人对该矿陆续开展了大量研究工作<sup>[2-7]</sup>,取得了许多成果。多数学者认为该矿属于典型的矽卡岩型矿床<sup>[3-4,7]</sup>,成矿时代为燕山期;只有少数学者认为是喷流沉积型,其主成矿时代为二叠纪,并有燕山期成矿作用的叠加<sup>[5]</sup>。而笔者对矿区内与成矿有关的花岗闪长(斑)岩的锆石 LA-MC-ICP-MS 测年结果表明,其形成年龄为 $(244.5 \pm 0.9)$  Ma (加权均方偏差值为0.85)<sup>[7]</sup>,这表明白音诺尔铅锌矿的成矿时代为印支早期。为了进一步查明成矿物质来源,笔者对矿区内矿石中的硫化物与围岩(大理岩、花岗闪长(斑)岩、安山玢岩脉和石英斑岩)以及矿区外围的黑云母正长花岗岩开展了铅同位素示踪研究。

## 1 区域地质与矿床地质概况

白音诺尔大型铅锌矿床地处天山—蒙古—兴安造山带东部、大兴安岭中南段巴林左旗的北部,白音诺尔—景峰北东向断裂与白音诺尔—罕庙东西向断裂交汇处<sup>[2-4]</sup>。矿区及外围地层走向北东,受北东向断裂与褶皱控制。矿区北部产出有白音乌拉火山机构,西部和东部均为晚侏罗世陆相火山岩盆地。矿区内侵入岩发育,主要有花岗闪长(斑)岩小岩株、岩脉、石英正长斑岩小岩株、安山玢岩脉和石英斑岩脉(图1)。其中花岗闪长(斑)岩和石英正长斑岩形成时间较早,被后期贯入的安山玢岩脉和石英斑岩脉所穿切。另外,在矿区东北部出露一个面积达数百平方千米的黑云母正长花岗岩基。铅锌矿体主要沿二叠系黄岗梁组碳酸盐岩与花岗闪长(斑)岩的接触带产出,少量沿碳酸盐岩与石英正长斑岩接触带产出,并多赋存于背斜两翼的层间滑脱带和褶皱顶部虚脱带内。

白音诺尔铅锌矿区内共发现工业矿体162个,其总体特征可概述为矿体数量多、形态复杂、产状及厚度和品位变化大、矿体成群(或带)分布。以矿区中心地带北东向褶皱轴为界,可将该矿床划分为南、北两个矿带(图1),其中南矿带有矿体54个,主要矿体有1、2、3号及3-4号等;北矿带有矿体108个,主要矿体有4-8号、17、18、19号及19-4号等。单个矿体大多在层间破碎带的矽卡岩内呈透镜状、鞍状和脉状产出,多个矿体构成层面近于协调或斜交的似层状矿体。一般来讲,矿体大多在矽卡岩中产出,走向一般为 $20^\circ \sim 40^\circ$ ,倾向南东或北西,倾角一般约 $60^\circ$ ,长度为 $100 \sim 450$  m,延深约250 m,最大倾斜延深大于400 m。矿体厚度一般为 $3 \sim 10$  m。

该矿区内矽卡岩大多沿花岗闪长(斑)岩与下二叠统大理岩或结晶灰岩接触带分布,部分沿石英正长斑岩、石英斑岩与大理岩接触带产出,少量位于侏罗纪火山岩或二叠纪浅变质砂岩与大理岩接触带<sup>[3]</sup>。外矽卡岩带相对较为发育,矽卡岩类型有辉石矽卡岩、石榴石矽卡岩、石榴石-辉石矽卡岩和辉石-石榴石矽卡岩,其中矿床西部以石榴石矽卡岩为主,东部则主要是辉石矽卡岩。从岩体到大理岩,变质交代岩具有明显的分带,它们分别为透辉石-石榴石矽卡岩→石榴石-透辉石矽卡岩→透辉石矽卡岩(含退化蚀变矿物)→大理岩,其中透辉石矽卡岩和石榴石-透辉石矽卡岩是铅-锌矿体的直接容矿围岩<sup>[3]</sup>。

矿石中的金属矿物以闪锌矿、方铅矿、磁黄铁矿和黄铜矿为主,其次是黄铁矿、毒砂和磁铁矿。综合研究结果表明,白音诺尔铅锌矿床的早期成矿作用与花岗闪长(斑)岩侵位活动有关,沿花岗闪长(斑)岩体和大理岩接触带形成矽卡岩型铅-锌矿体;晚期成矿作用与石英正长斑岩侵位活动有关,沿石英正长斑岩体和大理岩接触带也形成矽卡岩型铅锌矿体<sup>[3]</sup>。每期成矿作用大致有3个不同的成矿阶段:①矽卡岩阶段,形成钙铝-钙铁榴石和透辉石-次透辉石-钙铁辉石-锰钙辉石等矽卡岩矿物组合;②石英-硫化物阶段,是铅锌的主要成矿阶段,据矿物先后顺序分成3个亚阶段,分别为早期方铅矿-闪锌矿亚阶段、闪锌矿-方铅矿-黄铜矿亚阶段和晚期方铅



3 分析结果

平均值 18.296,  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 15.501~15.579, 平均值 15.536,  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 38.016~38.339, 平均值 38.138(表 1)。

该矿区矿石中 13 件金属硫化物(闪锌矿、毒砂、方铅矿)的  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 18.266~18.372, 3 件黑云母正长花岗岩样品的  $N(^{206}\text{Pb})/$

表 1 白音诺尔铅锌矿矿石中硫化物与围岩地层和侵入岩的 Pb 同位素分析

Tab. 1 Pb Isotopic Compositions of the Sulfides from the Ores, and Whole Rocks from Strata and Intrusive Rocks in Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit														
样品 编号	样品 名称	采样 位置							形成年龄为 244 Ma 时			形成年龄为 130 Ma 时		
			$N(^{206}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{207}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{208}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$w(\text{Th})/$ $10^{-6}$	$w(\text{U})/$ $10^{-6}$	$w(\text{Pb})/$ $10^{-6}$	$N(^{206}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{207}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{208}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{206}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{207}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{208}\text{Pb})/$ $N(^{204}\text{Pb})$
BYN1	黑云母正长花岗岩	44°29'19.2"N,118°50'14.3"E	18.957±1	15.551±1	38.706±3	43.60	5.87	30.3	18.406	15.523	37.409	18.666	15.537	38.017
BY09-1	黑云母正长花岗岩	44°29'18.4"N,118°50'15.4"E	18.905±2	15.558±2	38.730±4	45.50	5.61	30.8	18.388	15.532	37.399	18.632	15.545	38.023
BY09-2	黑云母正长花岗岩	44°29'06.6"N,118°50'10.9"E	18.622±1	15.548±1	38.421±2	44.70	4.71	74.8	18.445	15.539	37.887	18.528	15.543	38.137
BY09-7	石英斑岩	44°26'52.3"N,118°53'12.7"E	18.504±2	15.896±1	38.300±3	18.60	3.97	19.8	17.938	15.867	37.459	18.205	15.882	37.853
BY09-32	安山玢岩	北矿带 800 中段 99A 线	18.288±2	15.916±1	38.100±3	4.28	1.57	65.8	18.221	15.913	38.042	18.253	15.914	38.069
BY09-3	花岗闪长岩	44°26'56.1"N,118°53'09.6"E	18.433±1	15.525±1	38.200±2	9.75	3.07	32.7	18.170	15.512	37.935	18.294	15.518	38.059
BY09-5	花岗闪长岩	44°26'54.7"N,118°53'11.1"E	18.382±2	15.530±2	38.196±4	9.85	2.67	43.8	18.211	15.521	37.996	18.292	15.526	38.090
BY09-8	花岗闪长岩	44°26'54.9"N,118°53'14.1"E	18.338±2	15.506±2	38.095±5				18.001	15.489	37.772	18.160	15.497	37.924
BY09-19	花岗闪长岩	南矿带 800 m 中段 9A 线	18.320±1	15.509±1	38.083±3	8.84	2.80	77.4	18.219	15.504	37.982	18.267	15.506	38.029
BY09-20	花岗闪长岩	南矿带 800 m 中段 7 线	18.450±2	15.518±1	38.192±3	11.40	3.78	31.3	18.112	15.501	37.868	18.271	15.509	38.020
BY09-21	花岗闪长岩	南矿带 800 m 中段 3 线	18.307±1	15.505±1	38.071±3	18.90	6.10	183.0	18.214	15.500	37.980	18.258	15.503	38.022
BY09-22	花岗闪长岩	南矿带 800 m 中段 0 线	18.309±2	15.509±1	38.078±3	9.61	2.71	91.9	18.227	15.505	37.985	18.266	15.507	38.029
BY09-16	大理岩	北矿带 800 m 中段 105 线剖面 49 m 处	18.355±1	15.515±1	38.050±1	0.316	0.544	15.4	18.256	15.510	38.032	18.303	15.513	38.040
BY09-35	大理岩	北矿带 800 中段 93 线	18.327±1	15.542±1	38.156±2				18.228	15.537	38.138	18.275	15.540	38.146
BY09-38	大理岩	北矿带 800 中段 99A 线	18.283±1	15.519±1	38.076±1				18.184	15.514	38.058	18.231	15.517	38.066
BY09-10	毒砂	北矿带 800 m 中段 105 线剖面 5 m 处	18.372±1	15.579±1	38.339±3									
BY09-11	闪锌矿	北矿带 800 m 中段 105 线剖面 11 m 处	18.302±1	15.547±1	38.17±2									
BY09-12	闪锌矿	北矿带 800 m 中段 105 线剖面 15 m 处	18.293±1	15.533±1	38.122±3									
BY09-13	闪锌矿	北矿带 800 m 中段 105 线剖面 23 m 处	18.287±1	15.529±1	38.105±2									
BY09-24	闪锌矿	北矿带 900 中段 95 线脉外运输线	18.292±1	15.536±1	38.136±3									
BY09-25	闪锌矿	北矿带 900 中段 95A 线	18.299±1	15.545±1	38.163±3									
BY09-26	闪锌矿	北矿带 900 中段 95A 线	18.279±2	15.530±2	38.121±5									
BY09-28	闪锌矿	北矿带 900 中段 95A 线	18.311±2	15.557±2	38.200±4									
BY09-30	闪锌矿	北矿带 900 中段 99 线	18.282±1	15.521±1	38.082±2									
BY09-36-1	闪锌矿	北矿带 800 中段 93 线	18.294±1	15.538±1	38.140±2									
BY09-36-2	方铅矿	北矿带 800 中段 93 线	18.266±1	15.501±1	38.016±3									
BY09-37-1	闪锌矿	北矿带 800 中段 93 线	18.297±3	15.543±2	38.159±4									
BY09-37-2	方铅矿	北矿带 800 中段 93 线	18.274±1	15.510±1	38.043±2									

注:表中样品 BY09-8、BY09-35 和 BY09-38 没有分析 U、Th、Pb 质量分数,其铅同位素初始比值计算时分别用样品 BY09-5 和 BY09-16 的 U、Th、Pb 质量分数来代替。

$N(^{204}\text{Pb})$  为 18 622 ~ 18 957, 平均值 18 828;  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 15.548 ~ 15.558, 平均值 15.552;  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 38.421 ~ 38.730, 平均值 38.619 (表 1)。7 件花岗闪长(斑)岩样品的  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 18.307 ~ 18.450, 平均值 18.363;  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 15.505 ~ 15.530, 平均值 15.515;  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 38.071 ~ 38.200, 平均值 38.131 (表 1)。3 件大理岩的  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 18.283 ~ 18.355, 平均值 18.322;  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  为 15.515 ~ 15.542, 平均值 15.525;  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  值为 38.050 ~ 38.156, 平均值 38.094 (表 1)。1 件石英斑岩和 1 件安山玢岩的  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  分别为 18.504 和 18.288;  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  分别为 15.896 和 15.916,  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  分别为 38.300 和 38.100 (表 1)。

## 4 讨论

### 4.1 白音诺尔铅锌矿铅同位素示踪

从上述分析数据可以看出,黑云母正长花岗岩的放射性铅含量较高,而矿石中硫化物的放射性铅含量较低。

锆石 LA-MC-ICP-MS 测年结果表明,矿区内花岗闪长(斑)岩的形成年龄为  $(244.5 \pm 0.9)\text{Ma}$ , 矿区外围黑云母正长花岗岩和矿区内石英斑岩的形成年龄分别为  $(134.8 \pm 1.2)\text{Ma}$  和  $(129.2 \pm 1.4)\text{Ma}$ , 矿区内安山玢岩的年龄约为 135 Ma<sup>[7]</sup>。为了探讨矿石铅的来源,对矿区内的黑云母正长花岗岩、花岗闪长(斑)岩、石英斑岩、安山玢岩和大理岩利用分析的全岩 Pb 同位素组成和 U、Th、Pb 含量及形成年龄(分别取 244 Ma 代表花岗闪长(斑)岩的形成年龄,130 Ma 代表黑云母正长花岗岩、石英斑岩和安山玢岩的形成年龄)计算这些岩石的初始 Pb 同位素比值(表 1),并与矿石 Pb 同位素组成进行对比。结果表明,在形成年龄为 244 Ma 时,矿石中硫化物的铅同位素投点非常靠近大理岩和花岗闪长(斑)岩(图 2),表明矿石铅可能主要来自大理岩和花岗闪长(斑)岩。在形成年龄为 130 Ma 时,矿石中硫化物的铅同位素投点依然非常靠近或者与大理岩和花岗闪长(斑)岩的投点几乎在同一个范围(图 3),而与黑云母正长花岗岩、石英斑岩和安山玢岩的投点范围差别较大,进一步表明矿石中的铅不太可能来自后面这三类岩石,也进一步佐证了成矿确实与花岗闪长(斑)岩和大理岩有关,属于矽卡岩型矿

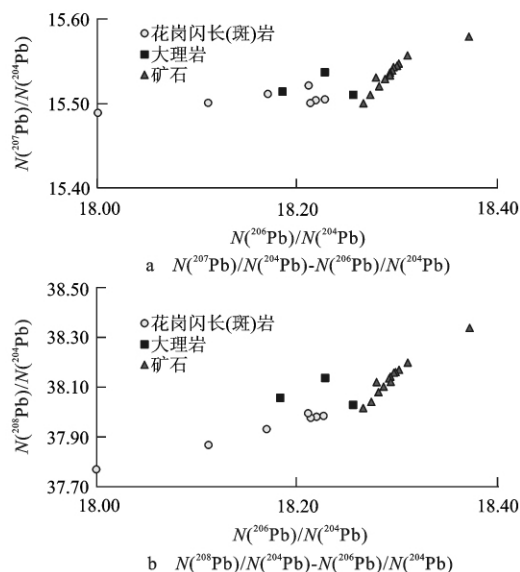


图 2 在形成年龄为 244 Ma 时白音诺尔铅锌矿  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  以及  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  与  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  的关系

Fig. 2 Diagrams of  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  Vs.  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$ ,  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  Vs.  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  of Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit When the Formation Age was 244 Ma

床,与喷流沉积型和火山岩块状硫化物矿床有明显的差别<sup>[10-11]</sup>。

### 4.2 区域铅同位素特征

大兴安岭是中国 16 个重点成矿区带之一,其中南段地区以银多金属矿床集中产出为特征,规模较大的有孟恩陶勒盖、拜仁达坝、维拉斯托、白音查干、敖包特、阿尔哈达、浩布高、白音诺尔、敖瑙达坝和大井等,矿床类型以热液脉型为主<sup>[4,12-14]</sup>,其次是矽卡岩型<sup>[3-4,7,15]</sup>,其成矿时代主要为燕山期<sup>[15-17]</sup>,其次是印支期<sup>[7]</sup>。将本文新获数据与前人在拜仁达坝、维拉斯托、大井、阿尔哈达和孟恩陶勒盖矿床获得的铅同位素数据<sup>[9,13,18-20]</sup>(表 2、图 4)进行对比可以看出,白音诺尔铅锌矿中的矿石铅明显变化范围更小,相对也更为集中,这表明白音诺尔铅锌矿的铅来源相对简单,而拜仁达坝、维拉斯托、大井、阿尔哈达和孟恩陶勒盖矿床的铅同位素组成变化范围较大,反映了其铅的来源相对较为复杂。但是这些矿床的铅同位素投点均呈线状分布,表明这些矿床的矿石铅均为混合铅。从图 4 还可以看出,尽管这些银多金属矿床的形成时代和矿床类型可能有所不同,但是它们的铅同位素组成却非常相似,其组成范围多有重叠(表 2、图 4),暗示这些矿床矿石铅的来源也非常相似。这种区域矿石铅同位素组成的高度相似性

表 2 大兴安岭中南段银多金属矿床矿石中硫化物的 Pb 同位素组成特征

Tab. 2 Pb Isotopic Compositions of the Sulfides from the Ores of the Ag-polymetallic Deposits Occurring in Central-southern Part of Da Hinggan Mountains

矿区名称	$N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$	$N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$	资料来源
白音诺尔铅锌矿床	18.266~18.372	15.501~15.579	38.016~38.339	本文
拜仁达坝银铅锌矿床	18.333~18.515	15.532~15.656	38.057~38.610	文献[9]
维拉斯托银铜矿床	18.304~18.377	15.520~15.610	38.112~38.435	文献[9]
大井铜锡银矿床	18.257~18.500	15.476~15.760	37.916~38.910	文献[13,18]
阿尔哈达银铅锌矿床	18.153~18.431	15.370~15.602	37.653~38.213	文献[20]
孟恩陶勒盖银多金属矿床	18.131~18.308	15.421~15.564	37.690~38.116	文献[19]

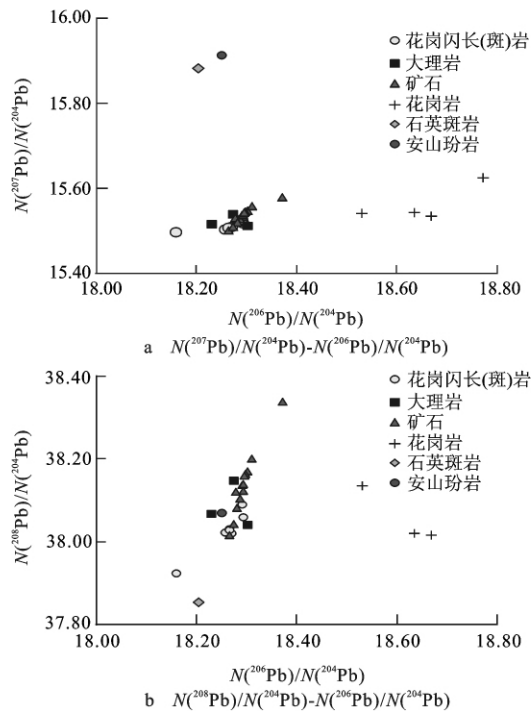


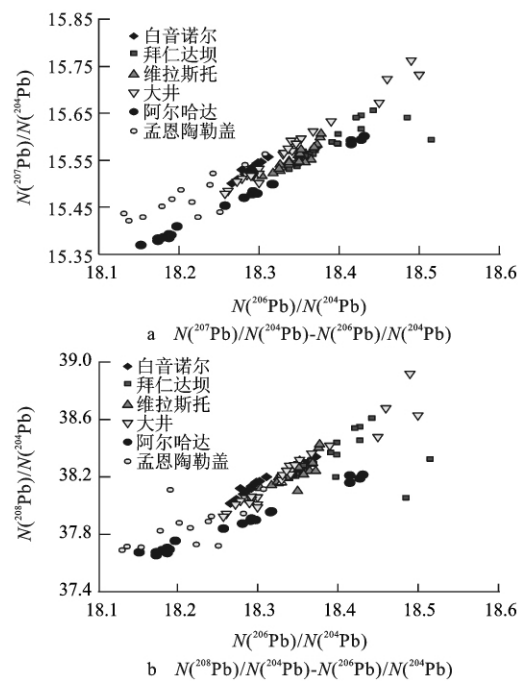
图 3 在形成年龄为 130 Ma 时白音诺尔铅锌矿  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  以及  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  与  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  的关系

Fig. 3 Diagrams of  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  Vs.  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$ ,  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  Vs.  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  of Baiyinnuoer Pb-Zn Deposit When the Formation Age was 130 Ma

表明,本区可能存在一个富银的基底岩石或地层,它为成矿提供了主要的物质来源。

5 结语

(1)白音诺尔铅锌矿床铅同位素研究结果表明,矿石铅组成与矿区内的花岗闪长(斑)岩和大理岩接近,说明矿石铅主要来自这两类岩石,成矿也主要与其有关,而与黑云母正长花岗岩、石英斑岩和安山玢岩关系不大,也进一步证明了白音诺尔铅锌矿床的成矿与花岗闪长(斑)岩和大理岩有关,属于矽卡岩



注:数据引自文献[9,13,18-20]。

图 4 大兴安岭中南段地区主要铅锌银多金属矿床  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  以及  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  与  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  的关系

Fig. 4 Diagrams of  $N(^{207}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  Vs.  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$ ,  $N(^{208}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  Vs.  $N(^{206}\text{Pb})/N(^{204}\text{Pb})$  of the Main Pb-Zn-Ag Polymetallic Deposits Occurring in Central-southern Part of Da Hinggan Mountains

型矿床,与喷流沉积型和火山岩块状硫化物矿床有明显的差别。

(2)区域对比研究发现,大兴安岭中南段地区银多金属矿床的铅同位素组成相近,其组成范围多有重叠,暗示这些矿床矿石铅的来源也非常相似,可能说明本区存在一个富银的基底岩石或地层,它为成矿提供了主要的物质来源。

野外地质工作得到了内蒙古白音诺尔铅锌矿于峰副总经理和魏良民工程师以及赤峰市国土资源局张跃副局长和傅国立科长的大力支持与协助,在此

一并致谢。

参考文献:

- [1] 陈玉清,李长生,宗德奎.白音诺尔铅锌矿勘探类型及生产探矿[J].有色矿山,2002,31(3):16-18.
- [2] 张德全,鲍修文.内蒙古白音诺尔中酸性火山-深成杂岩体的岩石学、地球化学与成因研究[J].地质论评,1990,36(4):289-297.
- [3] 张德全,雷蕴芬,罗太阳,等.内蒙古白音诺尔铅锌矿床地质特征及成矿作用[J].矿床地质,1991,10(3):204-216.
- [4] 赵一鸣,张德全.大兴安岭及其邻区铜多金属矿床成矿规律与远景评价[M].北京:地震出版社,1997.
- [5] 曾庆栋,刘建明,贾长顺,等.内蒙古赤峰市白音诺尔铅锌矿沉积喷流成因:地质和硫同位素证据[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(4):659-667.
- [6] 牛树银,孙爱群,郭利军,等.大兴安岭白音诺尔铅锌矿控矿构造研究与找矿预测[J].大地构造与成矿学,2008,32(1):72-80.
- [7] 江思宏,聂凤军,白大明,等.内蒙古白音诺尔铅锌矿:印支期成矿的年代学证据[J].矿床地质,2011,待刊.
- [8] 陈玉清.内蒙古赤峰市白音诺尔铅锌矿深部及外围普查立项申请书[R].赤峰:内蒙古自治区赤峰市地质矿产勘查开发院,2005.
- [9] 江思宏,聂凤军,刘翼飞,等.内蒙古拜仁达坝及维拉斯托银多金属矿床的硫和铅同位素研究[J].矿床地质,2010,29(1):101-112.
- [10] 李文渊.块状硫化物矿床的类型、分布和形成环境[J].地球科学与环境学报,2007,29(4):331-344.
- [11] 李文渊.现代海底热液成矿作用[J].地球科学与环境学报,2010,32(1):15-23.
- [12] 张德全.大井银铜锡矿体——一个潜火山热液矿床的特征和成因[J].火山地质与矿产,1993,14(1):37-47.
- [13] 储雪蕾,霍卫国,张 巽.内蒙古林西县大井铜多金属矿床的硫、碳和铅同位素及成矿物质来源[J].岩石学报,2002,18(4):566-574.
- [14] 朱笑青,张 乾,何玉良,等.内蒙古孟恩陶勒盖银铅锌矿床成因研究[J].矿床地质,2004,23(1):52-60.
- [15] 盛继福,付先政,李鹤年.大兴安岭中段成矿环境与铜多金属矿床地质特征[M].北京:地震出版社,1999.
- [16] Wang J B, Wang Y W, Wang L J, et al. Tin-polymetallic Mineralization in the Southern Part of the Da Hinggan Mountains, China[J]. Resource Geology, 2001, 51(4): 283-291.
- [17] 张炯飞,庞庆邦,朱 群,等.内蒙古孟恩陶勒盖银铅锌矿床白云母 Ar-Ar 年龄及其意义[J].矿床地质,2003,22(3):253-256.
- [18] 冯建忠,艾 霞,吴俞斌,等.内蒙大井多金属矿床稳定同位素地球化学特征[J].吉林地质,1994,13(3):60-66.
- [19] 张 乾,战新志,袁愉卓,等.内蒙古孟恩陶勒盖银铅锌矿床的铅同位素组成及矿石铅的来源探讨[J].地球化学,2002,31(3):253-258.
- [20] 张万益,聂凤军,刘 妍,等.内蒙古东乌旗阿尔哈达铅-锌-银矿床硫和铅同位素研究[J].吉林大学学报:地球科学版,2007,37(5):868-877.

## 《吉林大学学报(地球科学版)》征稿启事

《吉林大学学报(地球科学版)》(ISSN1671-5888/CN22-1343/P)是以地学为特色的综合性学术期刊,为美国《工程索引》(EI)源刊、中文核心期刊。本刊主要刊登地质与资源、地质工程与环境工程、地球探测与信息技术等学科领域中的最新科研成果。欢迎广大作者踊跃投稿。

通讯地址:吉林省长春市西民主大街 938 号《吉林大学学报(地球科学版)》编辑部

电子信箱:jdxbdxb@jlu.edu.cn

本刊网址:<http://xuebao.jlu.edu.cn/dxb>

电话: 0431-88502374

发行代号:12-22(国内);BM5074(国外)